

BEST AVAILABLE COPY

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Publication of Patent Application (A)

(11) Publication Number of Patent Application: 2001-357975

(P2001-357975A)

(43) Date of Publication of Application: December 26, 2001

(51) Int. Cl.⁷ Identification Mark

H05B 33/12

C09K 11/06 602

635

H01L 33/00

H05B 33/14

F1 Theme Code (reference)

H05B 33/12 C 3K007

C09K 11/06 602 5F041

635

H01L 33/00 A

H05B 33/14 A

Request for Examination: Not made

Number of Claims: 2 OL (5 pages in total)

(21) Application Number: 2000-180828 (P2000-180828)

(22) Application Date: June 16, 2000

(71) Applicant 000116024

Rohm Co., Ltd.

21, Sainmizosakicho, Ukyo-ku,
Kyoto-shi, Kyoto

(72) Inventor Keisuke NII
c/o Rohm Co., Ltd.

21, Sainmizosakicho, Ukyo-ku,
Kyoto-shi, Kyoto

(74) Agent 100098464

Patent Attorney Kiyoshi KAWAMURA

F term (reference) 3K007 AB02 AB04 AB11 AB18 CA01
CB01 DA01 DB03 DC00 EB00
FA01
5F041 CA45

(54) [Title of the Invention] ORGANIC EL DEVICE

(57) [Abstract]

[Problem] To provide an organic EL device that solves a problem of doping concentration or uniformity of a fluorescent dye which is a guest material of a light-emitting layer and has an enhanced high brightness and, also, a high reliability capable of obtaining a stable property.

[Means for Resolution] An anodic electrode 2, a hole transport layer 3, a light-emitting layer 4, an electron transport layer 5 and a cathode 6 are sequentially laminated on a substrate 1. The light-emitting layer 4 has a plurality of sets of

laminate structures each formed of a carrier transport material layer 4a and an ultra-thin film layer 4b of an organic fluorescent material (fluorescent dye).

[Claims]

[Claim 1]

An organic EL device, comprising at least an anodic electrode, a light-emitting layer and a cathode, wherein the light-emitting layer is formed of a repetition structure in which two or more sets of laminate structures each formed of an ultra-thin film layer of an organic fluorescent material and a carrier transport material layer are repeated.

[Claim 2]

The organic EL device according to Claim 1, wherein the repetition structures of the two or more sets is formed such that a light-emission wavelength by the set of the ultra-thin film layer and the carrier transport material layer has two or more different light-emission wavelengths.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to which the Invention Belongs]

The present invention relates to an organic EL device which utilizes electroluminescence (EL) of an organic material and, particularly, to an organic EL device which has a high brightness and a high light-emission efficiency or an organic

EL device which has a wide light-emission wavelength region and can precisely realize a desired light-emission color of mixed color.

[0002]

[Prior Art]

An EL device which uses an organic substance has been developed as a light-emission type display device of low cost. A conventional organic EL device has a structure as shown in, for example, FIG. 3. Namely, in FIG. 3, it is formed by providing an anodic electrode 32 made of, for example, ITO on a transparent substrate 31 such as glass and, then, providing an organic layer 37 made of, for example, a hole transport layer 33, a light-emitting layer 34 and an electron transport layer 35 and, further, a cathodic electrode made of a metal having a small work function such as Mg, Li or Ca on the thus-provided anodic electrode 32.

[0003]

Each layer of the organic layer 37, as an example of a constitutional diagram of a film-forming device thereof being shown in FIG. 4, is formed on a surface of the substrate as a film by setting crucibles 42 and 43 which each contain a material for forming a film opposite to the substrate 31 which is fixed in a chamber 41 and, then, evaporating a necessary material while controlling a temperature of each of the crucibles and a shutter (not shown) arranged facing the

crucibles. The light-emitting layer 34 is formed by doping a fluorescent dye 34b as a guest material into a host material comprising a carrier transport material layer 34a in an amount of from about 0.5 to 1% by mol. For this account, as shown in FIG. 4, both of such materials as described below are simultaneously evaporated from both of the crucible 42 which contains a light-emitting material and the crucible 43 contains a fluorescent dye and, then, co-deposited and, accordingly, the guest material is doped in the host material, to thereby form a film.

[0004]

Further, such organic EL light-emitting devices as described above each emit light having a wavelength in correspondence to the light-emitting material and the fluorescent dye to be doped and a wavelength range is as narrow as about 100 nm or less in terms of half bandwidth. For this reason, when light emission in a wider wavelength region is desired, it is necessary to dope two or more types of fluorescent dyes having different light-emission wavelengths from one another into the light-emitting material layer 34a.

[0005]

[Problems that the Invention is to Solve]

As described above, the light-emitting layer of the conventional organic EL device is formed by doping the fluorescent dye of the guest material while designating the

light-emitting material as the host material. However, in the organic EL device as produced in such a manner as described above, since a light-emission property thereof is extremely sensitive to a doping concentration of the fluorescent dye, it becomes necessary to precisely control a flux ratio (material cost to be provided, namely, rate ratio of vapor-deposition) between the light-emitting material and the fluorescent material. Particularly, an amount of a dopant is from 0.5 to 1% by mol which is extremely small against the host material. When the amount thereof is unduly large, a phenomenon called as concentration quenching appears and, then, brightness is deteriorated. Therefore, such control of doping as described above is extremely important. However, when two types of materials are simultaneously evaporated, one material is adhered to an inner wall of the chamber and, owing to a phenomenon of cross-contamination to be caused by a re-evaporation and the like, a concentration thereof can not fully be controlled and, particularly, because of multi-color light-emission, it is almost impossible to dope two or more types of dopants while controlling an amount of each of the dopants; therefore, there is a problem in that deterioration of properties is likely to occur.

[0006]

Further, as in the light-emitting layer in which the guest material is doped, when two or more types of materials

are simultaneously evaporated and vapor-deposited, both materials do not uniformly deposited and same materials are adhered to each other to generate agglomerates; therefore, there is a problem in that deterioration of luminous efficiency is likely to occur.

[0007]

Further, in light emission by doping, a light-emission color inherent to a doping material can be obtained by changing various types of doping materials from one another. However, because of energy transfer, a change to a shorter wavelength side than the wavelength inherence to the material in the light-emitting layer can not be performed and, accordingly, even when a number of types of doping materials are mixed, a desired light-emission color is not always obtained.

[0008]

The present invention has been made to solve these problems and has an object to provide an organic EL device that solves a problem of doping concentration or uniformity of a fluorescent dye which is a guest material of a light-emitting layer and has an enhanced high brightness and, also, a high reliability capable of obtaining a stable property.

[0009]

Another object of the present invention is to provide an organic EL device which has a structure capable of obtaining the organic EL device which emits light of a plurality of colors

having a wide light-emission wavelength band area under a good control.

[0010]

[Means for Solving the Problems]

An organic EL device according to the present invention comprises at least an anodic electrode, a light-emitting layer and a cathode, and the light-emitting layer is formed of a repetition structure in which two or more sets of laminate structures each formed of an ultra-thin film layer of an organic fluorescent material and a carrier transport material layer are repeated.

[0011]

The term "ultra-thin film layer" as used herein means thickness which is sufficient to constitute a monomolecular (monoatomic) layer and, particularly, a thickness of about one tenth of several nm or less. Further, the term "carrier transport material layer" as used herein means a layer made of a material which is a same material as that to be used in an electron transport layer, a hole transport layer or the like and capable of transporting carrier (electron or hole).

[0012]

More specifically, an anodic electrode, a hole transport layer, a light-emitting layer, an electron transport layer and a cathode are contained, and the light-emitting layer is formed by a laminate structure of an ultra-thin film layer of an

organic fluorescent material and, for example, an electron transport layer.

[0013]

By taking such structure as described above, since the light-emitting layer is not of a structure in which a guest material is doped in a host material, it is not necessary to control a doping concentration which is hard to be controlled to be consistent and, since it suffices to control only thickness, a control can very easily be performed. Further, since two types of materials are not simultaneously vapor-deposited, not only an interaction does not occur therebetween before forming a film, but also a phenomenon of cross-contamination does not occur. Still further, as for doping styles, when an amount of the dopant is unduly large, an optical quenching phenomenon appears; however, in this case, since a structure in which the ultra-thin film layer is interposed by the carrier transport material layer is repeated, brightness can be enhanced as a whole without causing the optical quenching phenomenon while allowing a light-emitting portion to be sufficiently large.

[0014]

By forming the repetition structures of the two or more sets is formed such that a light-emission wavelength by the set of the ultra-thin film layer and the carrier transport material layer has at least two different light-emission

wavelengths, it becomes possible to emit light having several types of wavelengths and, then, not only a light-emission wavelength region is expanded, but also light having a desired mixed-color can be emitted.

[0015]

[Mode for Carrying Out the Invention]

Next, the organic EL device according to the present invention is described with reference to the accompanying drawings. In the organic EL device according to the present invention, as a cross-sectional explanatory diagram of an embodiment thereof being shown in FIG. 1, for example, an anodic electrode 2, a hole transport layer 3, a light-emitting layer 4, an electron transport layer 5 and a cathode 6 are sequentially laminated on a substrate. The light-emitting layer 4 comprises a plurality of sets of laminate structures each formed of a carrier transport material layer 4a and an ultra-thin film layer 4b of an organic fluorescent material (fluorescent dye), and the laminate structure is, as shown in FIG. 1(b).

[0016]

Namely, the present invention is characterized in that the light-emitting layer 4 is constituted not by doping a fluorescent dye into the light-emitting material layer, but by a laminate structure of the carrier transport material layer 4a and the ultra-thin film layer 4b of an organic fluorescent

material. The carrier transport material layer 4a is selected in accordance with light-emission wavelength. For example, as a blue light-emitting material, a material of DSA type or the like is used and, as a green light-emitting material, Alq or the like is used. Also, as described above, the carrier transport material layer 4a may sometimes be continuously formed as a film by using a same material as that in the electron transport layer 5. As the fluorescent dye which is the ultra-fine film layer 4b, a same material as the guest material of the conventional doping type light-emitting device can be used and, for example, coumarin, quinacridone or rubrene can be used. In a same manner as being used as the doping material, this ultra-thin film layer 4b obtains light emission from the fluorescent material by allowing energy transfer from a recombination state (excited state) to be performed on the fluorescent material and, accordingly, can obtain a light-emission color inherent to the fluorescent material, to thereby enhance a device property. As for a specific example, a laminate structure of 0.1 nm of the ultra-thin film layer 4b made of coumarin C545T and 10 nm of the carrier transport material layer 4a made of Alq can be prepared and, for example, about 5 sets thereof can be laminated.

[0017]

The substrate 1 can also use a light-transmitting substrate such as a glass substrate and, by using a

semiconductor substrate such as a silicon substrate, an on-off control circuit or the like of an organic EL device formed in a matrix state can be arranged on the substrate.

[0018]

As for the anodic electrode 2, when light is emitted from a side of the substrate 1 by using the glass substrate as the substrate 1, it is necessary to use a transparent substrate and, on this occasion, ITO (Indium Tin Oxide), indium oxide or the like to be provided on the substrate 1 by vapor-deposition or the like can be used. However, from the standpoint of a hole injection property, a metal having a large work function such as Au or Ni can be used.

[0019]

In order to enhance a hole injection property into the EL light-emitting layer 4, it is ordinarily required that the hole transport layer 3 has a relatively small ionization energy and can seal an electron in the EL light-emitting layer 4, and an amine type material is used. Further, although not shown, a hole injection layer may be provided between the hole transport layer 3 and the anodic electrode 2, to thereby further enhance an injection property of the carrier into the hole transport layer 3. Also in this case, in order to enhance the hole injection property of the hole from the anodic electrode 2, a material having a small ionization energy is used and as for a representative example thereof, an amine type or a

phthalocyanine type material is used. In an example as shown in FIG. 1, NPB is provided in a thickness of 60 nm as the hole transport layer 3.

[0020]

The electron transport layer 5 is provided for the purpose of enhancing an injection property of an electron from the cathodic electrode 6 and, in an example as shown in FIG. 1, Alq is provided in a thickness of 25 nm. When this layer becomes unduly thick, light emission is performed not in the light-emitting layer but in this layer; therefore, this layer is not allowed to be too thick. When a gap between the electron transport layer 5 and the cathodic electrode 6 is large, in a same manner as in the side of the hole, an electron injection layer 6a made of LiF or the like is provided.

[0021]

In order to enhance the electron injection property, a metal having a small work function is used in the anodic electrode 6. As for representative examples, Mg, Li, Ca type and the like are used. In order to stabilize these metals preventing, for example, oxidation thereof, these metals are made into alloys with other metals in many cases, and, in an example as shown in FIG. 1, an Al layer is formed as a film in a thickness of 110 nm via an LiF layer 6a, to thereby form the anodic electrode 6.

[0022]

In order to produce this EL device, firstly, a glass plate 1 having ITO in which an ITO film is provided in a thickness of about 0.2 μm is subjected to an oxygen plasma treatment, to thereby activate a surface thereof. Next, by a vacuum deposition method, about 5 sets each comprising about 60 nm of the hole transport layer 3 made of NPB, about 0.1 nm of the ultra-thin film layer 4b made of coumarin C545T and about 10 nm of the carrier transport material layer 4a made of Alq, further about 25 nm of the electron transport layer 5 made of Alq and about 0.5 nm of the electron injection layer 6a made of LiF are sequentially laminated. Then, in a vacuum vapor-deposition apparatus, by forming a film of about 110 nm of the cathodic electrode 6 made of Al, an organic EL device having a structure as shown in FIG. 1 can be obtained.

[0023]

According to the organic EL device of the present invention, since the light-emitting layer is formed not by doping of the fluorescent material, but by a laminate structure of the carrier transport material layer and the ultra-thin film layer of a fluorescent material, it is not necessary to conduct a difficult control as is seen in a control of the doping concentration and it suffices to control only thickness of the ultra-thin film layer. Further, it is not necessary to simultaneously evaporate two or more types of materials and, accordingly, not only an interaction does not occur between

these materials, but also a problem of cross-contamination does not occur. For this account, a given amount of fluorescent material can be introduced in the light-emitting layer and, accordingly, the organic EL device having a stable high light-emission property can be obtained.

[0024]

FIG. 2(a) is an explanatory diagram of another embodiment of the present invention. This embodiment is an example in which all of the sets each comprising the carrier transport material layer and the ultra-thin film layer made of the fluorescent material are not formed by a same material but sets having different wavelengths from one another are laminated. Namely, In FIG. 2(a), the light-emitting layer 4 is in a laminate structure in which a green light-emitting portion comprising 5 sets each comprising about 0.1 nm of the ultra-thin film layer 4b made of coumarin C545T in the above-described example and about 10 nm of the carrier transport material layer 4a made of Alq and a red light-emitting portion comprising one set comprising about 0.1 nm of the ultra-thin film layer 4c made of DCJTb and about 10 nm of the carrier transport material layer 4a made of Alq are laminated with each other. Further, the light-emitting layer 4 is in such a structure as is sandwiched by the electron transport layer 5 made of Alq and having a thickness of about 45 nm and the hole transport layer 3 made of NPB and having a thickness of about 60 nm and, then,

electrodes (not shown) are provided at both end portions in a same manner as in the above-described example.

[0025]

By taking such structure as described above, as an EL spectrum being shown in FIG. 2(b), there are light-emission peaks not only in a green portion at around 530 nm but also in a red portion at around 650 nm and, accordingly, yellow light-emission which is a mixed color thereof is exhibited. Further, the reason why a green light-emitting portion is formed by 5 sets of laminate structures and a red light-emitting portion is formed by one set of laminate structure is that, since energy is lower in red color, the energy is likely to be transferred thereto. As described above, the laminate structures can arbitrarily be combined with one another in accordance with a desired color and, then, light emission of the desired color can be performed under a far better control than that in a case in which different types of dopants are doped in one layer.

[0026]

Further, in the above-described example, although the light-emission color was changed by changing only the fluorescent material, the light-emission color can be changed by changing the carrier transport material layer and, then, light of the light-emission color which is closer to the desired color can be emitted.

[0027]

[Advantage of the Invention]

According to the present invention, since introduction of the fluorescent material to the light-emitting layer is performed by the introduction into the ultra-thin film layer, the introduction can be performed with a stable amount thereof and, also, since it is possible to conduct a flux control at the time of film-forming by controlling only one type of material, the flux control at a production stage is extremely facilitated. Further, a decrease of the yield to be caused by the cross-contamination is prevented and, while realizing a substantial reduction of production cost, the organic EL device having an enhanced property can be obtained.

[0028]

Still further, the organic EL device which emits light having a wide spectrum can extremely easily be produced under a good control such that a light-emission color comes to be a desired color.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] It is a cross-sectional explanatory diagram of one embodiment of an organic EL device according to the present invention.

[FIG. 2] It is a cross-sectional explanatory diagram of another embodiment of an organic EL device according to the present invention and an EL spectrum thereof.

[FIG. 3] It is a cross-sectional explanatory diagram of a conventional organic EL device.

[FIG. 4] It is an explanatory diagram showing a conceptual diagram of an apparatus which forms a doping type light-emitting layer of a conventional organic EL device.

[Description of Reference Numerals and Signs]

1. anodic electrode
2. hole transport layer
3. light-emitting layer
- 4a. carrier transport material layer
- 4b. ultra-thin film layer (fluorescent material)
5. electron transport layer
6. cathodic electrode

Family list

1 family member for:

JP2001357975

Derived from 1 application.

1 ORGANIC EL ELEMENT

Publication Info: **JP2001357975 A** - 2001-12-26

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2005 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07130305 **Image available**

ORGANIC EL ELEMENT

PUB. NO.: 2001-357975 [JP 2001357975 A]

PUBLISHED: December 26, 2001 (20011226)

INVENTOR(s): NII KEISUKE

APPLICANT(s): ROHM CO LTD

APPL. NO.: 2000-180828 [JP 2000180828]

FILED: June 16, 2000 (20000616)

INTL CLASS: H05B-033/12; C09K-011/06; H01L-033/00; H05B-033/14

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an organic electroluminescent element that resolves the problem of doping concentration or uniformity of the fluorescent pigment which is a guest material of luminous layer, and has a high brightness and a high reliability enabling a stable property.

SOLUTION: An electrode for positive electrode 2, a hole transport layer 3, a luminous layer 4, an electron transport layer 5, and a negative electrode 6 are laminated sequentially. The luminous layer 4 is made of a pair of laminate structures of a carrier transport material layer 4a and an ultra-thin film 4b of organic fluorescent material (fluorescent pigment) and the resultant laminate structure is formed of plural pairs of the laminate structures.

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H05B 33/12		H05B 33/12	C 3K007
C09K 11/06	602	C09K 11/06	602 5F041
	635		635
H01L 33/00		H01L 33/00	A
H05B 33/14		H05B 33/14	A
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-180828 (P 2000-180828)

(22) 出願日 平成12年 6 月16日 (2000. 6. 16)

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72) 発明者 仁井 啓介

京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内

(74) 代理人 100098464

弁理士 河村 洸

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB04 AB11 AB18 CA01

CB01 DA01 DB03 DC00 EB00

FA01

5F041 CA45

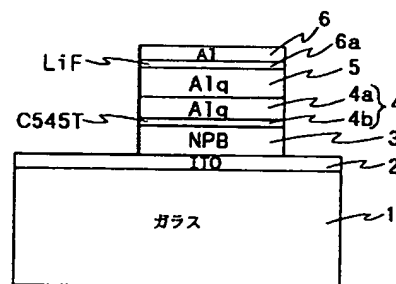
(54) 【発明の名称】 有機EL素子

(57) 【要約】

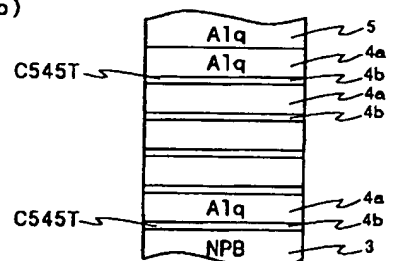
【課題】 発光層のゲスト材料である蛍光色素のドーピング濃度や均一性の問題を解決し、輝度を向上させた高輝度で、かつ、安定した特性が得られる信頼性の高い有機EL素子を提供する。

【解決手段】 基板1上に陽極電極2、正孔輸送層3、発光層4、電子輸送層5、および陰極6が順次積層されている。そして、発光層4はキャリア輸送材料層4aと有機蛍光材料（蛍光色素）の超薄膜層4bとの積層構造の組からなり、その積層構造が複数組により形成されている。

(a)



(b)



- | | |
|---------|----------------|
| 2 陽極電極 | 4a キャリア輸送材料層 |
| 3 正孔輸送層 | 4b 超薄膜層 (蛍光材料) |
| 4 発光層 | 5 電子輸送層 |
| | 6 陰極電極 |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 陽極電極と、発光層と、陰極とを少なくとも有し、前記発光層は、有機蛍光材料の超薄膜層とキャリア輸送材料層との積層構造が少なくとも2組以上の繰返し構造により形成されてなる有機EL素子。

【請求項2】 前記超薄膜層とキャリア輸送材料層との組による発光波長が、少なくとも2以上の異なる発光波長を有するように、前記2組以上の繰返し構造が形成されてなる請求項1記載の有機EL素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、有機物のエレクトロルミネッセンス(EL)を利用した有機EL素子に関する。さらに詳しくは、高輝度で、発光効率が高い有機EL素子や、発光波長領域が広く、所望の混色した発光色を正確に実現し得る有機EL素子に関する。

【0002】

【従来の技術】有機物質を使用したEL素子は、固体発光型の安価な表示素子として開発が行われている。従来の有機EL素子は、たとえば図3に示されるような構造になっている。すなわち、図3において、ガラスなどの透明基板31上に、ITOなどからなる陽極電極32が設けられ、その上に正孔輸送層33、発光層34、電子輸送層35などからなる有機層37、およびMg、Li、Caなどの仕事関数の小さい金属からなる陰極電極39が設けられることにより形成されている。

【0003】有機層37の各層は、図4にその成膜装置の一例の構成図が示されるように、チャンバ41内で固定した基板31と対向させて成膜する材料を入れた坩堝42、43を設け、坩堝の温度およびその正面に設けられるシャッター(図示せず)を制御することにより、必要な材料を蒸発させて基板表面に成膜される。前述の発光層34は、キャリア輸送材料層34aからなるホスト材料に、蛍光色素34bをゲスト材料として0.5~1モル%程度ドーピングすることにより形成されている。そのため、図4に示されるように、発光材料を入れた坩堝42と、蛍光色素を入れた坩堝43の両方から両材料を同時に蒸発させることにより、共蒸着させて、ホスト材料にゲスト材料をドーピングすることにより成膜されている。

【0004】また、これらの有機EL発光素子は、発光材料およびドーピングされる蛍光色素に応じた波長の光を発光するが、その発光波長の範囲は半値幅で100nm程度以下と狭い範囲である。そのため、広い波長領域で発光させようとすると、発光波長の異なる2種以上の蛍光色素を発光材料層34aにドーピングしなければならない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、従来の有機EL素子の発光層は、発光材料をホスト材料とし

て、ゲスト材料の蛍光色素をドーピングすることにより形成されている。しかし、このようにして製造される有機EL素子は、その発光特性が蛍光色素のドーピング濃度に非常に敏感で、発光材料と蛍光材料のフラックス比(供給する材料費、すなわち蒸着のレート比)の精密な制御が必要となる。とくに、ドーパントの量は0.5~1モル%と、ホスト材料に対して非常に僅かであり、その量が多すぎると濃度消光という現象が現れ輝度が低下するため、そのドーピングの制御が非常に重要である。しかし、2種類の材料を同時に蒸着させると、一方の材料がチャンパー内壁に付着して再度蒸発するクロスコンタミの現象などにより、その濃度を十分に制御することができず、とくに、多色発光のため、2種類以上のドーパントを、それぞれの量を制御しながらドーピングすることは不可能に近く、特性の低下につながりやすいという問題がある。

【0006】また、ゲスト材料をドーピングする発光層のように、2種類以上の材料を同時に蒸発させて蒸着させると、両材料が均一に成膜しないで、同じ材料がくっつき合っ塊が生成され、発光効率を低下させやすいという問題がある。

【0007】さらに、ドーピングによる発光では、ドーピング材料を各種変化させることによりドーピング材料固有の発光色を得ることができるが、エネルギー移動であるので、発光層材料より短波長側への変化はできず、ドーピング材料を何種類も混ぜても、所望の発光色が得られるとは限らない。

【0008】本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、発光層のゲスト材料である蛍光色素のドーピング濃度や均一性の問題を解決し、輝度を向上させた高輝度で、かつ、安定した特性が得られる信頼性の高い有機EL素子を提供することを目的とする。

【0009】本発明の他の目的は、発光波長帯域が広い複数色の発光をする有機EL素子を制御よく得ることができる構造の有機EL素子を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による有機EL素子は、陽極電極と、発光層と、陰極とを少なくとも有し、前記発光層は、有機蛍光材料の超薄膜層とキャリア輸送材料層との積層構造が少なくとも2組以上の繰返し構造により形成されている。

【0011】ここに超薄膜層とは、単分子(単原子)層を構成する程度の厚さを意味し、十分の数nm程度以下の厚さを意味する。また、キャリア輸送材料層とは、電子輸送層または正孔輸送層などに用いられる材料と同種の材料で、キャリア(電子または正孔)を輸送し得る材料からなる層を意味する。

【0012】より具体的には、陽極電極と、正孔輸送層と、発光層と、電子輸送層と、陰極とを有し、前記発光層は、有機蛍光材料の超薄膜層とたとえば電子輸送層と

の積層構造により形成される。

【0013】この構造にすることにより、発光層が、ホスト材料にゲスト材料がドーピングされる構造ではないため、制御しにくいドーピング濃度を一定に制御する必要はなく、厚さ制御だけでよい。また、非常にコントロールしやすい。しかも、2種類の材料を同時に蒸着させないため、成膜する前に相互作用をしたり、クロスコンタミの現象が発生することもない。また、ドーピング形式では、ドーパントの量が多すぎると、消光現象が現れるが、超薄膜層をキャリア輸送材料層により挟みこむ構造が繰り返されているため、発光部分を充分に大きくしながら、消光現象が現れることもなく、全体的に輝度を向上させることができる。

【0014】前記超薄膜層とキャリア輸送材料層との組による発光波長が、少なくとも2以上の異なる発光波長を有するように、前記2組以上の繰返し構造が形成されることにより、何種類もの波長の発光をさせることができ、発光波長領域を広げることができると共に、所望の混色の発光をさせることができる。

【0015】

〔発明の実施の形態〕つぎに、本発明の有機EL素子について、図面を参照しながら説明をする。本発明の有機EL素子は、その一実施形態の断面説明図が図1に示されるように、たとえば基板1上に陽極電極2、正孔輸送層3、発光層4、電子輸送層5、および陰極6が順次積層されている。そして、発光層4はキャリア輸送材料層4aと有機蛍光材料(蛍光色素)の超薄膜層4bとの積層構造の組からなり、その積層構造は、図1(b)に示されるように、複数組により形成されている。なお、図1に示される例では、キャリア輸送材料層4aは電子輸送層5と同じ材料からなっている。

【0016】すなわち、本発明では発光層4が、発光材料層に蛍光色素をドーピングするのではなく、キャリア輸送材料層4aと有機物蛍光材料の超薄膜層4bとの積層構造で構成されていることに特徴がある。キャリア輸送材料層4aは、発光波長に応じて選択されるが、たとえば青色系の材料として、DSA系などの材料が用いられ、緑色の発光材料として、Alqなどが用いられ、前述のように電子輸送層5と同じ材料で連続的に成膜される場合もある。超薄膜層4bである蛍光色素は、従来のドーピング型発光素子のゲスト材料と同様の材料を使用することができ、たとえばクマリン、キナクリドン、ルブレンなどを用いることができる。この超薄膜層4bも、ドーピング材として用いるのと同様に、再結合状態(励起状態)を蛍光材料にエネルギー移動させて、蛍光材料からの発光を得るもので、蛍光材料固有の発光色を得ることができ、素子性能を向上させることができる。具体例としては、クマリンC545Tからなる超薄膜層4bを0.1nmと、Alqからなるキャリア輸送材料層4aを10nmとの積層構造とすることができ、たと

えば5組程度積層することができる。

【0017】基板1は、たとえばガラス基板のような光透過性の基板を用いることもできるし、シリコン基板などの半導体基板を用いることにより、マトリクス状に形成される有機EL素子のオンオフ制御回路などを基板に作りこむこともできる。

【0018】陽極電極2は、基板1にガラス基板などを用いて基板1側から発光させる場合には透明電極を用いる必要があり、基板1上に蒸着などにより設けられるITO(Indium Tin Oxide)、酸化インジウムなどが用いられる。しかし、正孔の注入性という観点からは、Au、Niなどの仕事関数の大きな金属を使用することもできる。

【0019】正孔輸送層3は、一般的にはEL発光層4への正孔注入性の向上のため、イオン化エネルギーがある程度小さく、EL発光層4への電子の閉じ込め(エネルギー障壁)が可能であることが求められており、アミン系の材料が用いられる。また、図には示されていないが、正孔輸送層3と陽極電極2との間に正孔注入層を設け、正孔輸送層3へのキャリアの注入性をさらに向上させることも行われる。この場合も、陽極電極2からの正孔の注入性を向上させるため、イオン化エネルギーの小さい材料が用いられ、代表例として、アミン系やフタロシアニン系が用いられる。図1に示される例では、正孔輸送層3としてNPBが60nmの厚さに設けられている。

【0020】電子輸送層5は、陰極電極6からの電子の注入性を向上させるためのもので、図1に示される例では、Alqが25nmの厚さに設けられている。この層があまり厚くなると、発光層ではなくこの層で発光するため、あまり厚くはしない。この電子輸送層5と陰極電極6との間でギャップが大きい場合には、正孔側と同様に、LiFなどからなる電子注入層6aが設けられる。

【0021】陰極電極6は、電子注入性を向上させるため、仕事関数の小さい金属が主に用いられる。代表例としては、Mg、Li、Ca系などが用いられる。これらの金属の酸化などを防止して安定化させるため、他の金属との合金化をさせることが多く、図1に示される例も、LiF層6aを介してAl層が110nm成膜されることにより、陰極電極6が形成されている。

【0022】このEL素子を製造するには、まず、0.2μm程度の厚さにITO膜が設けられたITO付きガラス板1を酸素プラズマ処理して、表面を活性化させる。そして、真空蒸着法により、NPBからなる正孔輸送層3を60nm程度、クマリンC545Tからなる超薄膜層4bを0.1nm程度とAlqからなるキャリア輸送材料層4aを10nm程度の組を5組程度、Alqからなる電子輸送層5を25nm程度、LiFからなる電子注入層6aを0.5nm程度、それぞれ順次積層する。その後、真空蒸着装置で、Alからなる陰極電極6

を110 nm程度成膜することにより、図1に示される構造の有機EL素子が得られる。

【0023】本発明の有機EL素子によれば、発光層を蛍光材料のドーピングではなく、キャリア輸送材料層と蛍光材料の超薄膜層との積層構造により形成されているため、ドーピング濃度の制御のように難しい制御を行う必要がなく、超薄膜層の厚さのみを制御すればよい。また、2種類以上の材料を同時に蒸着する必要がなく、材料同士の相互作用やクロスコンタミの問題もなくなる。そのため、一定量の蛍光材料を発光層に導入することができ、安定した高性能な発光特性の有機EL素子が得られる。

【0024】図2(a)は、本発明の他の実施形態を説明する図である。この例は、前述のキャリア輸送材料層と蛍光材料からなる超薄膜層との組をすべて同じ材料の組で形成するのではなく、発光波長が異なる組を積層した例である。すなわち、図2(a)では、発光層4を、前述の例のクマリンC545Tからなる超薄膜層4bを0.1 nm程度とAlqからなるキャリア輸送材料層4aを10 nm程度の組が5組程度の緑色の発光部と、DCTBからなる超薄膜層4cを0.1 nm程度とAlqからなるキャリア輸送材料層4aを10 nm程度の組が1組の赤色発光部との積層構造になっている。そして、45 nm程度の厚さのAlqからなる電子輸送層5および60 nm程度の厚さのNPBからなる正孔輸送層3により挟持される構造で、両端部に図示しない電極が設けられることは、前述の例と同様である。

【0025】この構造にすることにより、図2(b)にELスペクトルが示されるように、530 nm程度の緑色部分の他に、650 nm程度の赤色部分にも発光のピークがあり、その混合色である黄色の発光をした。なお、緑色の発光部を5組の積層構造で、赤色の発光部を1組の積層構造で形成したのは、赤色の方がエネルギーが低く、そちらへエネルギーが流れ込みやすいためである。このように、その積層構造は、所望の色に合うよう

に任意に組み合わせることができ、1層に異なるドーパントをドーピングするより、遙かに制御よく所望の色の発光をさせることができる。

【0026】さらに、前述の例では、蛍光材料のみを変えて発光色を変えたが、キャリア輸送材料層を変えることによっても発光色を変えることができ、より一層所望の発光色で発光させることができる。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば、蛍光材料の発光層への導入が、超薄膜層で導入されているため、安定した量で導入できると共に、成膜の際のフラックス制御を1種類の材料だけで制御することができ、製造段階のフラックス制御が非常に容易になる。さらに、クロスコンタミによる歩留りの低下もなくなり、製造コストを非常に低下させながら、高特性の有機EL素子を得ることができる。

【0028】また、幅の広いスペクトルの光を発光する有機EL素子を非常に簡単に、しかも発光色が所望の色になるように制御よく簡単に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による有機EL素子の一実施形態を示す断面説明図である。

【図2】本発明による有機EL素子の他の実施形態を示す断面説明図およびそのELスペクトルである。

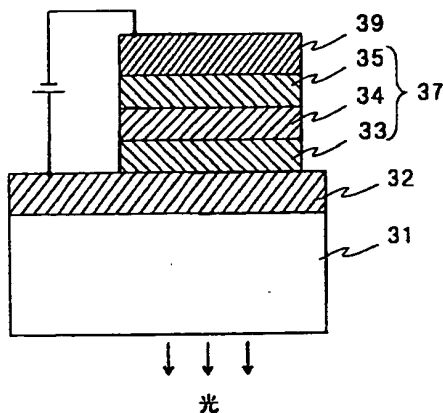
【図3】従来の有機EL素子の断面説明図である。

【図4】従来の有機EL素子のドーピング型発光層を形成する装置の概念図を示す説明図である。

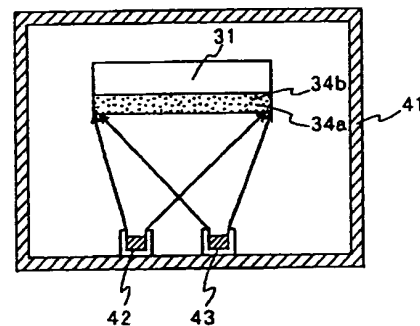
【符号の説明】

- 2 陽極電極
- 3 正孔輸送層
- 4 発光層
- 4a キャリア輸送材料層
- 4b 超薄膜層（蛍光材料）
- 5 電子輸送層
- 6 陰極電極

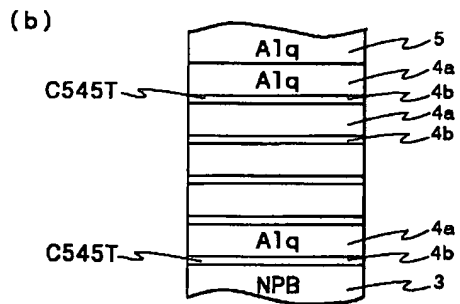
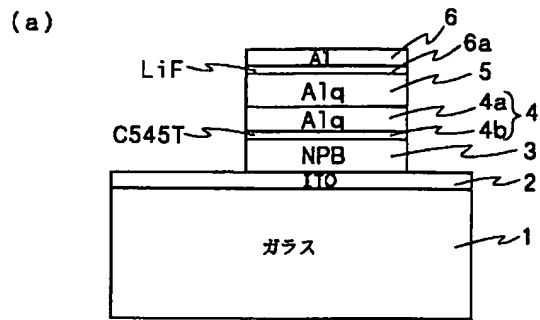
【図3】



【図4】

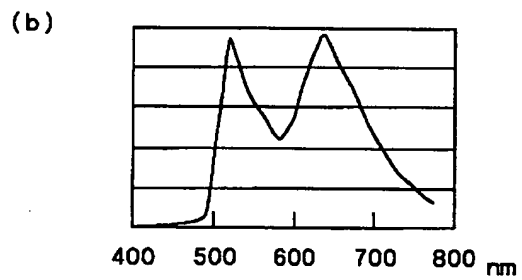
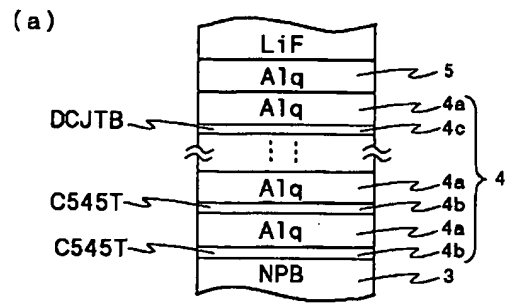


【図 1】



- | | |
|---------|----------------|
| 2 陽極電極 | 4a キャリア輸送材料層 |
| 3 正孔輸送層 | 4b 超薄膜層 (蛍光材料) |
| 4 発光層 | 5 電子輸送層 |
| | 6 陰極電極 |

【図 2】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)